



절식 시간에 따른 육계의 소낭 내 *Salmonella* 오염도, 소화관 길이, 혈액 성분, 계육 품질에 미치는 영향

김희진¹ · 강환구² · 홍의철² · 김현수² · 손지선² · 유아선² · 강보석³ · 전진주^{2*}

¹국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원, ²국립축산과학원 가금연구소 농업연구사, ³국립축산과학원 가금연구소 농업연구관

Effect of Feed Withdrawal Time on *Salmonella* Contamination in the Crop, Intestinal Weight, and Blood Parameters of Broilers before Harvesting

Hee-Jin Kim¹, Hwan-Ku Kang², Eui-Chul Hong², Hyun-Soo Kim², Jiseon Son²,
 Are-Sun You², Bo-Seok Kang³ and Jin-Joo Jeon^{2*}

¹Post-Doctor, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

²Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

³Senior Researcher, Animal Welfare Team, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

ABSTRACT In this study, we aimed to evaluate the impact of different feed withdrawal periods (2, 3, 4, 5, and 6 h) on *Salmonella* contamination in the crop, intestinal weight, and blood parameters of broilers before harvesting. A total of 100 broilers (initial live weight 1.906±0.06 kg) were randomly assigned to the same five treatment groups and broilers had access to water but no feed before catching. Feed withdrawal times were 2, 3, 4, 5, and 6 h prior to slaughter. Measurements included live weight, pre-slaughter weight, carcass weight, weight of gastrointestinal tract. In addition, *Salmonella* and *Campylobacter* contamination in the crop, serum biochemical profiles, counts of leukocytes, erythrocytes, and platelets, and meat quality were assessed. The results demonstrate that carcass weight, blood corticosterone, meat pH, meat color, and water holding capacity did not differ based on the feed withdrawal time. Carcass yield increased as the withdrawal time increased, but the weights of the crop, proventriculus, jejunum, ileum, and rectum were significantly reduced by 6 h ($P<0.05$). *Salmonella* counts were the lowest in the crops subjected to 6 h of feed withdrawal ($P<0.05$). Shear force was highest in chicken breast meat after 6 h of feed withdrawal ($P<0.05$). However, when the feed was withdrawn after 6 h, the shear force increased, but it did not affect the sensory characteristics in consumers, and the *Salmonella* count also decreased and had a reduction effect on contamination during slaughter. These findings can serve as reference data for setting the feed withdrawal time.

(Key words: broiler, feed withdrawal, stress level, *Salmonella*, digestive tract)

서 론

가금류 제품의 병원성 미생물 오염은 소비자에게 식중독 등의 질병을 유발하기 때문에 육계 산업에서 문제가 되고 있다(Corrier et al., 1999). 농가에서는 도계 과정 중에 발생할 수 있는 닭고기의 위생과 교차 오염을 방지하고 품질을 향상시키기 위하여 포획하기 전에 사료를 급여하지 않는다(Buhr et al., 1998). 하지만, 포획 전 절식으로 사료를 급여하지 않아 육계가 *Salmonella* 등 병원성 미생물에 오염된 깔짚을 사료 대신 섭취하여 소낭 내 미생물에 대한 위험도가 증

가하게 된다고 알려져 있으며(Buhr et al., 2017), 특히 사료 중단 2시간 후 소낭이 *Salmonella*에 오염된 개체가 2배 이상 증가하였다고 보고되고 있다(Corrier et al., 1999). 따라서 병원성 미생물이 발생할 수 있는 절식 시간에 관한 연구와 계육의 미생물 오염을 감소시키기 위한 관리 프로그램이 필요하다(Stavric and D'Aoust, 1993).

절식은 육계의 동물복지에 유의적인 영향을 미치며, 지방 분해작용이나 대사율 감소와 같은 여러 대사 작용의 원인이 된다(Van der Wal et al., 1999). 또한 절식시간 동안 육계의 체온이 떨어지고 저장된 글리코젠이 고갈되며(Freeman, 1980),

* To whom correspondence should be addressed : sesil@korea.kr

결과적으로 스트레스 수준이 높아지고, 갑상선 호르몬 등 생리적 변화가 발생한다. 이러한 변화는 계육 품질에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Petracci et al., 2001). 하지만 Hamidu et al.(2017)에 따르면 농장에서 계류단계까지의 총 절식 시간이 8시간을 넘지 않는다면 육계는 생리적 스트레스를 받지 않는다.

성계가 된 육계의 각 소화기관 내에서의 사료 체류 기간은 소낭에서 45분, 선위와 근위에서 70분, 회장에서 160~200분, 결장과 직장에서 30~50분이다(Hajati, 2018). 이러한 소화기관에서의 소화 시간을 고려하여 네덜란드에서는 절식 시간을 5시간으로 권장하고 있으며(PVE, 1992), Choi et al.(2008)의 연구에서는 육계의 오염을 줄이고 도체율을 높이기 위한 도축 전 적정 절식 시간을 8~12시간으로 정의하였다(Choi et al., 2008). 최근 제시된 국내 동물복지 규정에서는 운송 전에 2시간 절식을 하며, 최대 절식 시간은 도계 전 12시간으로 제한하고 있다(APQA, 2018).

하지만 국내의 경우 운송 전 절식 시간을 농장주에 따라 일반적으로 3~6시간 범위에서 다양하게 설정하고 있다. 또한, 운송 전부터 도계 전까지의 총 절식시간은 도계장 상황에 따라 총 8~12시간으로 진행되고 있으며, 때로는 12시간 이상 절식을 하게 되는 경우도 있다.

따라서 본 연구는 육계 운송 전, 실제 농장에서 설정한 다양한 절식 시간이 소낭 내 *Salmonella* 균 오염, 소화기관 무게, 스트레스 및 육질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

1. 사양관리 및 실험 설계

본 실험에서 사용된 공시 동물의 사양 관리는 농촌진흥청 국립축산과학원 실험동물윤리위원회의 관리기준에 의거하여 수행하였다(승인번호: NIAS20191536). 본 실험은 평사에서 사육된 35일령 육계(Ross 308) 100수(1.906±0.06 kg)를 선별하여 5가지 처리구에 무작위로 배치하였으며, 물은 자유롭게 공급하였고, 사료는 공급하지 않았다. 각 처리구 별로 절식 2, 3, 4, 5, 6시간 후 경추 탈구법을 이용하여 육계를 개별적으로 도계하였다.

2. 조사항목

1) 절식 전 체중, 절식 후 체중, 도체중 및 소화기관 무게
 절식 전 체중, 절식 후 체중 및 도체중, 소화기관 무게는

처리구별 10수씩 총 50수를 모두 동일한 개체를 이용하여 측정하였다. 도체중은 방혈 후 털, 내장, 목과 발을 제거한 후 측정하였다. 체중 감량률과 도체율은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{체중 감량(\%)} = \frac{[\text{절식 전 중량 (g)} - \text{절식 후 중량 (g)}]}{\text{절식 전 체중(g)}} \times 100$$

$$\text{도체율(\%)} = \frac{[\text{도체 중량(g)}]}{\text{절식 후 중량(g)}} \times 100$$

소화기관은 경추탈구법으로 실신 후 경동맥을 절단하여 방혈한 후 8구간으로 나누어 무게를 측정하였다. 소화기관은 소낭, 선위, 근위, 십이지장, 공장, 회장, 맹장, 직장으로 나누었으며, 내용물과 함께 측정하였다.

2) 소낭 내 *Salmonella* 및 *Campylobacter* 오염 정도 측정

절식 후 각 처리구에서 무작위로 10수를 선발하여 육계의 소낭을 무균적으로 채취하여 멸균된 Whirl-pack bag(Nasco, Fort kinson, WI)에 넣어 4℃에서 보관하였다. 각 소낭에 2 mL의 멸균된 생리식염수를 첨가하여 2분 동안 소낭 내 내용물과 혼합 후 멸균생리식염수로 단계별로 희석하여 각각의 선택 배지에 분주하였다. *Salmonella* 균은 *Salmonella Shigella* agar(Difco La, Detroit, USA)를 이용하여 24시간 동안 37℃에서 배양하였으며, *Campylobacter*는 Campy Blood Free Agar Modified supplement가 첨가된 modified Campy blood-free agar(MB cell, Seoul, Korea) 이용하여 37℃에서 48시간 동안 배양하여 두개의 균 모두 검은색 colony를 개수하여 Log CFU/g으로 나타내었다.

3) 혈구 분석 및 혈청 내 생화학 조성

절식 시간에 따른 육계의 혈구 및 혈청 내 생화학 조성을 분석하기 위하여 처리구당 10수씩 랜덤 선발하여, 익하 정맥에서 혈구 및 생화학 분석을 위한 혈액을 각각 1, 2 mL씩 채취하였다. 혈구 분석은 혈액 응고 방지를 위해 Ethylene diamine tetra acetic acid(EDTA, Soyagreentec Co., Ltd., Seoul, Korea)가 처리된 튜브에 채취하였으며, 혈구 분석은 혈구 개수기(HematVet 950, Drew Scientific, USA)를 이용하여 Leucocytes(white blood cells, heterophils, lymphocytes, monocytes, eosinophils, basophils), erythrocyte(red blood cells, hemoglobin) 및 platelets를 분석하였다. 혈청 내 생화학 분석을 위하여 전혈을 원심분리(20분, 4℃, 2,500 g)한 후 혈청을 분리하고 -20℃에 보관하였다. Total cholesterol(T.

chol), triglyceride(TG), glucose(GLU), total protein(TP), aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), inorganic phosphorus(IP) 분석을 위하여 자동 혈액 분석기(AU 480 chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., Korea)를 이용하여 혈청 내 생화학조성을 분석하였다.

4) 혈청 내 Corticosterone 함량 분석

절식 시간에 따른 육계의 스트레스 수준을 비교하기 위하여 혈청 내 corticosterone 함량을 분석하였다. 혈청은 생화학 분석 시료와 동일한 혈청을 사용하였으며, 혈청 내 corticosterone 함량은 Chicken Corticosterone ELISA Kit(Wuhan Fine Biotech Co. Ltd., Wuhan, China)를 사용하였다. Corticosterone 함량은 450 nm에서 microplate reader(Epoch 2; BioTek Instruments, Inc., VT, USA)를 이용하여 측정하였다.

5) 육계 가슴육 품질

절식 시간에 따른 육계 가슴육 품질 분석을 위하여 처리구 당 10수씩 도체중 측정 후 양쪽 가슴육을 발골한 뒤 4℃에서 24시간 후 분석에 사용하였다. 가슴육의 pH는 pH meter(pH-K21, NWK-Binar GmbH, Celiustr, Germany)를 이용하여 분석하였다. 육색 분석은 Colormeter(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 밝기(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 측정하였다. 육색을 측정하기 위한 표준화 작업은 Y값이 93.70, x값이 0.3131, y값이 0.3193인 표준 백판을 사용하였다.

가슴육의 보수력 측정은 Kim et al.(2018)의 방법을 사용하였으며, 닭 가슴육 약 0.5 g을 tube(Millipore Ultrafree-MC; Millipore, Bedford, MA)에 넣었다. 가슴육을 80℃에서 20분간 가열시킨 후 실온에서 15분간 식혀 2,000 g에서 20분간 원심 분리하였다. 원심분리 후 시료의 무게를 측정하여 보수력을 측정하였다.

$$\text{지방계수} = 1 - \text{지방함량}/100$$

$$\text{유리수분} = [(\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게})/(\text{시료} \times \text{지방계수})] \times 100$$

$$\text{보수력}(\%) = [(\text{총 수분} - \text{유리수분})/\text{총 수분}] \times 100$$

전단력은 Kim et al.(2018)에 따라 가슴육을 polyethylene bag에 넣어 심부 온도가 75℃가 되도록 40분간 가열하여, 실온(23±1℃)에서 방냉한 뒤 1.27 cm의 코어를 사용하여 전단력 측정시료를 준비하였다. 준비한 시료를 전단력 측정기(Warner-Bratzler shear force meter, USA)와 V blade를 이용

하여 전단력을 측정하였다.

3. 통계처리

절식 시간에 따른 육계의 체중변화, 장기 무게, 혈액 성분, 계육 품질에 따른 효과를 알아보기 위하여 Statistics Analytical System(SAS) 9.4의 Statistics Analytical System(SAS) 9.4의 General Linear Model(GLM) 방법을 이용하여 one-way ANOVA 분석을 하였으며, Orthogonal Polynomial Contrast를 이용하여 육계의 사육 밀도의 효과를 선형 혹은 이차함수형태로 비교 분석하였다. 모든 항목의 분석 단위는 개체로 하여 분석하였으며, 처리구 간의 차이 분석을 위해 Duncan's 방법을 이용하여 P<0.05 수준에서 평균값 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 및 사료 섭취량

절식 시간에 따른 체중, 도체중 및 소화기관의 무게 변화의 대한 결과는 Table 1에 나타내었다. 도계 전 체중은 절식 시간이 증가함에 따라 직선적으로 감소하였지만(Linear; P<0.001), 도체중은 절식시간에 따른 차이가 없었다. 하지만, 절식시간이 증가할수록 도체율은 직선적으로 증가하였다(Linear; P<0.01). 소낭(Linear; P<0.001), 근위(Linear; P<0.01), 십이지장(Linear; P<0.05), 공장(Linear; P<0.001), 회장(Linear; P<0.001), 직장(Linear; P<0.01), 총 장기 무게(Linear; P<0.001)는 절식 시간이 증가함에 직선적으로 감소하였다. 따라서 도체율 증가는 소화기관 무게의 감소로 인한 것으로 사료된다. Riesenfeld et al.(1981)과 Bilgili(2002)의 연구에서는 절식 이후에 생체중이 감소하였고, 이는 소화기관 내 소화물의 감소와 관련이 있으며, 도체중은 절식 시간에 따른 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. Kim et al.(2006)의 보고는 육계의 도체율이 절식 6시간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. Warriss et al.(1988)은 간에 저장된 글리코젠이 절식 후 6시간 이후에 고갈되어, 최대 6시간의 절식 동안의 근육의 이화작용이 일어나지 않았기 때문에 도체 중량의 차이는 없었다고 보고하였다. Warriss et al.(2004)의 연구에서는 절식 시간이 증가함에 따라 소낭의 무게 변화가 가장 컸으나, 맹장의 변화는 없었다고 보고하였다. 소화 기관의 무게 감소는 육계의 소화 작용으로 인한 소화물의 이동으로 사료된다. 소낭 내 내용물의 유무는 육계 도체의 오염에 영향을 주기 때문에 도계 과정에서 매우 중요한 요소이며, 도계 전 적절한 절식 시간

Table 1. Change in weight of live body, slaughter body, carcass and gastrointestinal content weight as a function of the time of feed withdrawal (n=10)

	Withdrawal time (hours)					SEM	P-value		
	2	3	4	5	6		ANOVA	Linear	Quadratic
Weight of body									
Pre-slaughter weight (g)	1,924.29 ^a	1,893.57 ^{ab}	1,864.29 ^b	1,865.00 ^b	1,825.71 ^c	11.06	<0.001	<0.001	0.42
Carcass weight (g)	1,444.29	1,445.71	1,441.43	1,458.57	1,441.43	9.46	0.69	0.81	0.66
Carcass yield (%)	75.06 ^c	76.35 ^b	77.32 ^{ab}	78.21 ^{ab}	78.52 ^a	0.27	<0.01	<0.001	0.17
Weight of gastrointestinal content (g)									
Crop	8.95 ^a	7.17 ^b	6.80 ^b	6.36 ^b	6.60 ^b	0.24	<0.01	<0.001	0.02
Proventriculus	9.61 ^a	9.21 ^{ab}	7.78 ^{abc}	7.64 ^{bc}	7.07 ^c	0.30	<0.05	<0.01	0.69
Gizzard	21.29	22.85	23.61	20.74	23.04	0.69	0.66	0.78	0.71
Duodenum	17.21 ^a	16.41 ^{ab}	16.11 ^{ab}	15.63 ^{ab}	14.35 ^b	0.36	0.14	<0.05	0.70
Jejunum	29.22 ^a	23.93 ^b	21.75 ^b	20.43 ^b	20.96 ^b	0.73	<0.001	<0.001	<0.05
Ileum	19.26 ^a	17.16 ^{ab}	14.94 ^b	10.76 ^c	10.51 ^c	0.69	<0.001	<0.001	0.78
Cecum	6.97	6.43	5.14	6.17	7.15	0.27	0.12	0.95	0.05
Rectum	7.02 ^a	4.21 ^b	4.04 ^b	4.58 ^b	4.44 ^b	0.29	<0.01	<0.01	<0.01
Total	119.53 ^a	107.67 ^{ab}	99.55 ^b	92.32 ^b	94.11 ^b	2.91	<0.001	<0.001	<0.05

SEM = standard error of means.

^{a-c} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

을 설정하는 것은 매우 중요하다. 하지만, 본 연구 결과 절식 후 3시간 이후의 소낭 내 내용물이 소비되었다고 사료되며, 이는 Warriss et al.(2004)의 연구 결과와 유사하였다.

2. 소낭 내 *Salmonella* 및 *Campylobacter* 수

절식 시간에 따른 소낭 내 *Salmonella* 및 *Campylobacter* 수의 변화는 Table 2에 나타내었다. 절식은 소낭의 물리적 및 화학적 변화를 가져오며, 이러한 변화는 소낭 미생물의 군집화로 이어질 수 있다(Hinton et al., 2000). 특히 육계 도체의 오염은 도계 과정 중 소낭내용물에 의해 발생한다(Hargis et al., 1995). 또한 *Salmonella* 및 *Campylobacter*는 사람에게 설사와 식중독을 유발하는 병원성 미생물로서, 종종 오염된 닭고기 등 가금류에서 나타난다(Friedman et al., 2004). 본 연구 결과에서 절식 시간 동안 *Campylobacter* 수는 유의적인 변화를 보이지 않았으나, *Salmonella* 수에서는 6시간 절식하였을 때 소낭 내 *Salmonella* 수가 유의적으로 감소하였으며($P<0.01$), 절식시간에 따라 직선적으로 감소하였다(Linear; $P<0.01$). 이는 *S. Typhimurium*가 육계 소낭에서

절식 12시간 후 유의적으로 감소했다고 보고한 Hinton et al.(2000)의 결과와 같다. *Salmonella* 오염도 감소를 위하여 6시간 이상의 절식 시간이 필요할 것으로 사료되나, 적정 절식 시간 설정을 위해 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3. 혈청 내 생화학 조성

절식 시간에 따른 육계 혈청 내 생화학 조성의 변화는 Table 3에 나타내었다. 육계가 하루 동안 절식을 하게 될 경우 사료를 섭취하지 않기 때문에, 저장되어 있는 지방과 단백질 등을 사용하는 대사작용으로 이어지며, 부정적인 에너지 균형을 야기시켜 혈액 내 생화학 조성의 변화를 가져온다(Buyse et al., 2002). 본 연구 결과 T. chol, TP, ALT, ALB은 절식 시간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만, TG는 절식 2시간보다 3, 4, 5, 6시간 절식하였을 때 유의적으로 낮은 값을 나타내었으며($P<0.01$), 절식시간이 경과함에 따라 직선적으로 감소하였다(Linear; $P<0.001$). GLU는 절식 시간이 경과함에 따라 직선적으로 증가하였다(Linear; $P<0.001$). AST는 ANOVA 분석시 처리구 간의 유의적인 차

Table 2. Changes in *Salmonella* and *Campylobacter* count of crops of broilers as a function of the time of feed withdrawal (n=10)

Log CFU/mL	Withdrawal time (hours)					SEM	P-value		
	2	3	4	5	6		ANOVA	Linear	Quadratic
<i>Salmonella</i>	3.60 ^a	3.26 ^a	3.51 ^a	3.45 ^a	2.30 ^b	0.118	<0.01	<0.01	0.099
<i>Campylobacter</i>	3.58	2.55	2.48	2.30	2.30	0.256	0.16	0.93	0.85

SEM = standard error of means.

^{a,b} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).**Table 3.** Changes in serum biochemical profiles of broilers as a function of the time of feed withdrawal (n=10)

	Withdrawal time (hours)					SEM	P-value		
	2	3	4	5	6		ANOVA	Linear	Quadratic
T. chol (mg/dL)	148.89	149.54	151.04	146.96	149.86	2.88	0.99	0.97	0.96
TG (g/dL)	79.93 ^a	50.22 ^b	40.79 ^{bc}	32.86 ^c	38.94 ^{bc}	3.04	<0.01	<0.001	<0.001
GLU (mg/dL)	180.07 ^b	179.87 ^b	188.27 ^b	192.73 ^b	205.96 ^a	2.39	<0.01	<0.001	0.17
TP (g/dL)	2.95	2.91	2.85	2.88	2.87	0.03	0.92	0.45	0.62
AST (U/dL)	435.5 ^{ab}	462.73 ^a	405.63 ^{ab}	360.37 ^{ab}	331.49 ^b	19.32	0.18	<0.05	0.52
ALT (U/dL)	2.37	2.49	2.34	2.54	2.26	0.08	0.79	0.78	0.49
ALB (g/dL)	1.24	1.22	1.20	1.20	1.21	0.01	0.91	0.46	0.51
IP (mg/dL)	7.60 ^a	7.51 ^{ab}	6.91 ^{bc}	6.76 ^c	6.48 ^c	0.11	<0.01	<0.001	0.93

SEM = standard error of means.

^{a-c} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

T. chol, total cholesterol; TG, triglyceride; GLU, glucose; TP, total protein; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; ALB, albumin; IP, inorganic phosphorus.

이를 보이지 않았으나, 절식시간이 경과함에 따른 직선적으로 감소하는 경향을 나타내었다(Linear; $P<0.05$). IP는 절식시간이 증가함에 따라 직선적으로 감소하였다(Linear; $P<0.001$). Saki et al.(2011)의 연구에서는 도축 전 절식시간이 증가함에 따라 혈액 내 GLU가 유의적으로 증가하여 본 연구 결과와 유사하였다. 절식으로 인하여 육계의 스트레스가 증가하게 되고(Nijdam et al., 2005), 스트레스로 육계의 에너지 요구량이 증가하게 된다. 그로 인하여 저장된 GLU를 공급받기 위하여 조직내 글리코겐 분해와 gluconeogenesis이 자극되어 혈액 내 GLU가 증가하게 된 것으로 판단된다(Savenije, 2001). 하지만, Murray and Rosenberg(1953)의 연구에서는 육계의 혈액 내 GLU가 절식으로 인하여 안정화될 때까지 급격히 감소한다고 보고하였다. Buyse et al.(2002)은 육계의 절식시간이 증가함에 따라 혈액 내 TG가 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. Saki et al.(2011)은 육계의 혈액 내 TG 함량변화는 절식시간에 영

향을 받는다고 보고하였다. 또한 절식으로 사료 섭취가 중단되어 중성지방의 공급원이 없어 혈중 중성지방이 감소한 것으로 사료된다(Leveille et al., 1975). IP 함량 또한 사료 섭취 중단으로 인한 감소로 사료되나, 절식시간에 따른 IP 함량 변화에 대한 연구가 부족하여 추후 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 혈구

절식 시간에 따른 육계 백혈구, 적혈구, 혈소판 조성은 Table 4에 나타내었다. White blood cells(WBC)는 23.28~25.62 K/ μ L, heterophils(HE)는 7.42~8.37 K/ μ L, lymphocytes(LY)는 11.98~13.26 K/ μ L, HE/LY 비율은 0.60~0.65, monocytes(MO)는 2.39~2.61 K/ μ L, eosinophils(EO)은 1.10~1.28 K/ μ L, basophils(BA)은 0.38~0.51 K/ μ L, Red blood cells(RBC)은 2.16~2.32 K/ μ L, Platelets(PLT)은 14.3-23.6 K/ μ L의 범위를 나타내었으며, 절식시간에 따른

Table 4. Changes in components of leukocyte, erythrocyte, and platelets profile of broilers as a function of the time of feed withdrawal (n=10)

	Withdrawal time (hours)					SEM	P-value		
	2	3	4	5	6		ANOVA	Linear	Quadratic
WBC (K/ μ L)	25.62 ^{ab}	24.94 ^a	25.43 ^{ab}	24.25 ^{ab}	23.28 ^b	0.37	0.13	<0.05	0.29
HE (K/ μ L)	8.30	8.37	8.10	7.64	7.42	0.19	0.44	0.07	0.62
LY (K/ μ L)	12.94 ^{ab}	13.26 ^a	13.01 ^{ab}	12.70 ^{ab}	11.98 ^b	0.17	0.16	<0.05	0.13
HE/LY	0.65	0.64	0.62	0.60	0.62	0.01	0.90	0.40	0.66
MO (K/ μ L)	2.59 ^a	2.58 ^{ab}	2.61 ^a	2.42 ^{ab}	2.39 ^b	0.03	0.05	<0.01	0.32
EO (K/ μ L)	1.28	1.24	1.25	1.11	1.10	0.05	0.65	0.16	0.10
BA (K/ μ L)	0.51	0.50	0.46	0.38	0.40	0.03	0.49	0.06	0.73
RBC (K/ μ L)	2.27	2.32	2.25	2.16	2.19	0.03	0.21	0.05	0.24
PLT (K/ μ L)	23.60	17.10	21.30	15.90	14.30	1.74	0.42	0.13	0.18

SEM = standard error of means.

^{a-b} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

WBC, white blood cells; HE, heterophils; LY, lymphocytes; HE/LY, heterophil/lymphocytes; MO, monocytes; EO, eosinophils; BA, basophils; RBC, red blood cells; PLT, platelets

ANOVA시 유의적 차이를 보이지 않았으나, WBC(Linear; $P < 0.05$), LY(Linear; $P < 0.05$), MO(Linear; $P < 0.01$)는 절식 시간이 경과함에 따라 직선적으로 감소하였다. Olawumi et al.(2019)은 절식 4시간에 따른 육계의 유의적인 차이는 없었다고 보고하였으며, Shawkat et al.(2021)의 연구에서도 6, 9, 12시간의 절식 시간 동안 육계의 WBC, RBC, HE, LY, MO, EO, HE/LY 비율 간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. Nwaigwe et al.(2020)의 연구에서 육계를 36시간 절식을 시켰을 때 EO, MO, BA는 절식 전과 유의적인 차이를 보이지 않았다.

5. 혈청 내 Corticosterone 조성

절식 시간에 따른 혈청 내 corticosterone 조성은 Table 5에 나타내었다. 가금류의 혈청 내 스트레스 호르몬으로 알려진 corticosterone은 불안과 스트레스로 인하여 방출되는데, 가금류에서 장시간의 절식 시간은 corticosterone의 농도

를 증가시키는 것으로 알려져 있다(De Jong et al., 2003). Knowles et al.(1995)은 육계 혈액 내 corticosterone 함량의 증가는 절식 24시간 후에 증가하였다고 보고하였다. 하지만 Nijdam et al.(2005)에서는 육계를 최대 13시간 절식시켰으나 corticosterone 함량의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 또한, Nwaigwe et al.(2020)의 연구에서도 동일하게 육계를 36시간 동안 절식하였으나 절식 전후 corticosterone 함량은 유의적인 차이가 없었다. 따라서 2~6시간 사이의 절식은 혈청 내 corticosterone에 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

6. 계육 품질

절식 시간에 따른 육계 가금육 품질변화에 따른 결과는 Table 6에 나타내었다. 계육의 pH, 육색, 보수력, 전단력은 절식, 운송, 계류 등의 도축 전 스트레스로 인하여 저하되는 것으로 보고되고 있다(Mir et al., 2017). 또한 Kannan et al.(1998)의 연구에서는 스트레스 증가로 육색이 변하여

Table 5. Changes in serum Corticosterone of broilers as a function of the time of feed withdrawal (n=10)

	Withdrawal time (hours)					SEM	P-value		
	2	3	4	5	6		ANOVA	Linear	Quadratic
Corticosterone	34.75	31.50	32.25	35.60	31.50	1.57	0.88	0.83	0.95

SEM = standard error of means.

Table 6. Changes in pH, color, Water holding capacity (WHC), and shear force of broilers as a function of the time of feed withdrawal (n=10)

	Withdrawal time (hours)					SEM	P-value		
	2	3	4	5	6		ANOVA	Linear	Quadratic
pH	5.92	5.98	5.98	5.9	5.93	0.01	0.28	0.55	0.25
Color									
L*	50.47	49.8	51.34	51.98	49.31	0.44	0.30	0.96	0.18
a*	2.72	2.72	2.93	3.45	2.86	0.12	0.29	0.23	0.39
b*	6.96	6.31	7.31	8.03	7.25	0.28	0.43	0.25	0.82
WHC (%)	60.97	61.51	60.75	59.79	61.96	0.25	0.07	0.88	0.13
Shear force (N)	16.66 ^c	22.64 ^{bc}	22.44 ^{bc}	28.42 ^b	38.22 ^a	1.57	<0.01	<0.001	0.20

SEM = standard error of means.

^{a-c} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

PSE와 같은 계육의 발생이 증가할 수 있다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서 pH는 5.90~5.98 값을 나타내어 절식 시간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 육색(L*, a*, b*), 가열감량, 보수력 또한 절식 시간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. Wood and Richards(1975)와 Rasmussen and Mast(1989) 연구에서도 절식 시간은 육계 가슴육의 보수력에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 전단력은 절식 시간이 증가함에 따라 직선적으로 증가하였다(Linear; $P<0.001$). Kotula and Wang(1994)의 연구에서도 육계 가슴육의 전단력 값은 절식 시간이 경과함에 따라 증가하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 하지만, 전단력이 45 N 미만의 닭고기는 대부분의 소비자들이 부드럽다고 느끼는 수준으로(Schilling et al., 2008), 관능적으로 절식 시간에 따른 전단력 증가는 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. Lyon et al.(1991)의 연구에서는 전단력이 8, 16, 24시간 절식시켰을 때, 절식하지 않은 육계보다 유의적으로 낮은 값을 나타내어 본 연구와 반대의 경향을 나타내었다. 따라서, 절식 시간에 따른 전단력 변화에 대한 메커니즘은 아직 부족하여 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 농장 단계에서의 절식 시간에 따른 육계의 중량 및 소화기관의 무게의 변화, 소낭 내 *Salmonella*, *Campylobacter* 오염, 혈액 매개변수, 계육 품질에 미치는 영

향을 알아보기 위하여 수행하였다. 총 100 수의 육계(초기 생체중, 1.906±0.06 kg)를 무작위로 5개의 처리구에 나누어 배치하였다. 절식 기간 동안 물은 공급했지만 사료는 공급하지 않았다. 절식 시간은 2, 3, 4, 5, 6시간으로 설정하였다. 생체중, 도축 전 체중, 도체중, 소화기관의 무게, 소낭 내 *Salmonella* 및 *Campylobacter* 수, 혈청 생화학적 조성, 백혈구, 적혈구, 혈소판 및 계육 품질을 분석하였다. 본 연구 결과 절식 시간에 따른 도체중, 혈액 corticosterone, 가슴육 pH, 육색, 보수력에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 하지만, 6시간 절식한 육계의 소낭 내 *Salmonella* 균 수가 유의적으로 낮았으며, 전단력은 유의적으로 가장 높았다. 6시간 동안 절식한 육계의 가슴육의 전단력은 증가하였으나 소비자의 관능적 특성에는 영향을 미치지 않았으며, *Salmonella* 균 오염도 감소하여 도계 시 오염도가 감소할 것으로 사료된다. 본 연구 결과는 농장단계에서의 절식시간 설정에 대한 참고 자료가 될 수 있을 것으로 사료되며, 향후 운송, 계류 시간도 함께 고려한 총 절식 시간에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

(색인어 : 육계, 절식, 스트레스 수준, *Salmonella*, 소화기관)

사 사

본 연구는 2021년 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업과 연구사업(과제번호: PJ01434002)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

ORCID

Hee Jin Kim <https://orcid.org/0000-0002-6959-9790>
 Hwan Ku Kang <https://orcid.org/0000-0002-4286-3141>
 Eui Chul Hong <https://orcid.org/0000-0003-1982-2023>
 Hyun Soo Kim <https://orcid.org/0000-0001-8887-1318>
 Ji Seon Son <https://orcid.org/0000-0002-5285-8186>
 Are Sun You <https://orcid.org/0000-0001-7258-2626>
 Bo Seok Kang <https://orcid.org/0000-0002-3438-8379>
 Jin Joo Jeon <https://orcid.org/0000-0001-7585-4746>

REFERENCES

- Animal and Plant Quarantine Agency (APQA) 2018 Animal protection management system : livestock farm animal welfare certification standards (regulation No. 2014-25). <https://www.animal.go.kr/front/community/show.do?boardId=boardID04&page=1&pageSize=10&keyword=%EC%9D%B8%EC%A6%9D%EA%B8%B0%EC%A4%80&column=title&menuNo=3000000021&seq=12019>. Accessed on May 6, 2021.
- Bilgili SF 2002 Slaughter quality as influenced by feed withdrawal. *Worlds Poult Sci J* 58(2):123-130.
- Buhr RJ, Northcutt JK, Lyon CE, Rowland GN 1998 Influence of time off feed on broiler viscera weight, diameter, and shear. *Poult Sci* 77(5):758-764.
- Buhr RJ, Bourassa DV, Hinton JA, Fairchild BD, Ritz CW 2017 Impact of litter *Salmonella* status during feed withdrawal on *Salmonella* recovery from the broiler crop and ceca. *Poult Sci* 96(12):4361-4369.
- Buyse J, Janssens K, Van der Geyten S, Van As P, Decuyper E, Darras VM 2002 Pre-and postprandial changes in plasma hormone and metabolite levels and hepatic deiodinase activities in meal-fed broiler chickens. *Br J Nutr* 88(6):641-653.
- Choi JS, Park KS, Lee JI, Auh JH, Choi YI 2008 Effect of feed withdrawal time on quality of broiler meat. *J Anim Sci Technol* 50(3):373-380.
- Corrier DE, Byrd JA, Hargis BM, Hume ME, Bailey RH, Stanker LH 1999 Presence of *Salmonella* in the crop and ceca of broiler chickens before and after preslaughter feed withdrawal. *Poult Sci* 78(1):45-49.
- De Jong IC, van Voorst AS, Blokhuis HJ 2003 Parameters for quantification of hunger in broiler breeders. *Physiol Behav* 78(4-5):773-783.
- Freeman BM 1980 Glucagon: a stress hormone in the domestic fowl. *Res Vet Sci* 28(3):389-390.
- Friedman CR, Hoekstra RM, Samuel M, Marcus R, Bender J, Shiferaw B, Reddy S, Ahuja SD, Helfrick DL, Hardnett F, Carter M, Anderson B, Tauxe RV 2004 Risk factors for sporadic *Campylobacter* infection in the United States: a case-control study in foodnet sites. *Clin Infect Dis* 38:S285-S296.
- Hamidu JA, Agbehadzi RK, Amexo VE, Brown CA, Adomako K 2017 Optimizing feed withdrawal time to assess broiler stress and welfare. *Int J Res Stud* 3(2):1-5.
- Hajati H 2018 Application of organic acids in poultry nutrition. *Int J Avian Wildlife Biol* 3(4):324-329.
- Hargis BM, Caldwell DJ, Brewer RL, Corrier DE, DeLoach JR 1995 Evaluation of the chicken crop as a source of *Salmonella* contamination for broiler carcasses. *Poult Sci* 74(9):1548-1552.
- Hinton Jr A, Buhr RJ, Ingram KD 2000 Physical, chemical, and microbiological changes in the crop of broiler chickens subjected to incremental feed withdrawal. *Poult Sci* 79(2):212-218.
- Kannan G, Heath JL, Wabeck CJ, Owens SL, Mench JA 1998 Elevated plasma corticosterone concentrations influence the onset of rigor mortis and meat color in broilers. *Poult Sci* 77(2):322-328.
- Kim HJ, Kim HJ, Jeon JJ, Oh SJ, Nam KC, Shim KS, Jung JH, Kim KS, Choi YI, Kim SH, Jang A 2018 Comparison of quality and bioactive compounds in chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm in Korea. *Korean J Poult Sci* 45(4):261-272.
- Kim DH, Yoo YM, Kim SH, Jang BG, Park BY, Cho SH, Seong PN, Hah KH, Lee JM, Kim YK, Hwang IH 2006 Effect of the length of feed withdrawal on weight loss, yield and meat color of broiler. *Asian-Australas J Anim Sci* 20(1):106-111.
- Knowles TG, Warriss PD, Brown SN, Edwards JE, Mitchell MA 1995 Responses of broilers to deprivation of food and water for 24 hours. *Br Vet J* 151(2):197-202.
- Kotula KL, Wang Y 1994 Characterization of broiler meat

- quality factors as influenced by feed withdrawal time. *J Appl Poult Res* 3(2):103-110.
- Leveille GA, Romsos DR, Yeh YY, O'Hea EK 1975 Lipid biosynthesis in the chick. A consideration of site of synthesis, influence of diet and possible regulatory mechanisms. *Poult Sci* 54(4):1075-1093.
- Lyon CE, Papa CM, Wilson Jr RL 1991 Effect of feed withdrawal on yields, muscle pH, and texture of broiler breast meat. *Poult Sci* 70(4):1020-1025.
- Mir NA, Rafiq A, Kumar F, Singh V, Shukla V 2017 Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *J Food Sci Technol* 54(10): 2997-3009.
- Murray HC, Rosenberg MM 1953 Studies on blood sugar and glycogen levels in chickens. *Poult Sci* 32(5):805-811.
- Nijdam E, Delezie E, Lambooi E, Nabuurs MJ, Decuyper E, Stegeman JA 2005 Feed withdrawal of broilers before transport changes plasma hormone and metabolite concentrations. *Poult Sci* 84(7):1146-1152.
- Nwaigwe CU, Ihedioha JI, Shoyinka SV, Nwaigwe CO 2020 Evaluation of the hematological and clinical biochemical markers of stress in broiler chickens. *Vet World* 13(10): 2294-2300.
- Olawumi SO, Oyewole BO, Okpe AA, Ahutu IA, Ademakinwa OI 2019 Comparison of strains and feed withdrawal durations on growth, haematological indices and serum biochemistry of broiler chickens at finisher phase. *Niger J Anim Prod* 21(3):274-280.
- Petracci M, Fletcher DL, Northcutt JK 2001 The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. *Poult Sci* 80(5):670-675.
- PVE Product Board for Livestock 1992 Meat and Eggs, Rijswijk (Richtlijnen voor het nuchter afleveren van slachtkuikens) In: Dutch Product Boards for Livestock, Meat, and Eggs, Rijswijk, The Netherlands.
- Rasmussen AL, Mast MG 1989 Effect of feed withdrawal on composition and quality of broiler meat. *Poult Sci* 68(8): 1109-1113.
- Riesenfeld G, Herman A, Hurwitz S 1981 Glucose kinetics and respiratory metabolism in fed and fasted chickens. *Comp Biochem Physiol* 70(2):223-227.
- Saki A, Azadinia B, Khosravinia H, Rashidian A, Matin HH 2011 Effects of pre-slaughter feed withdrawal and sex on crop, carcass characteristics and some blood parameters in broiler chicken. *J Agric Tech* 7(5):1233-1245.
- Savenije B (2001). Metabolic parameters as indicators of broiler chicken welfare and meat quality. Pages 8-22 In: Chapter 1 General Introduction. University of Groningen, Groningen, Netherlands.
- Schilling MW, Radhakrishnan V, Thaxton YV, Christensen K, Thaxton JP, Jackson V 2008 The effects of broiler catching method on breast meat quality. *Meat Sci* 79(1): 163-171.
- Shawkat SS, Abdulateef SM, Al-Bayar MA, Mohammed ZA 2021 Impact of feed withdrawal in different period of times on physiological traits and immunity system on both sexes of broiler chicks. *Syrian J Agric Res* 8(2):77-84.
- Stavric S, D'aoust JY 1993 Undefined and defined bacterial preparations for the competitive exclusion of *Salmonella* in poultry-a review. *J Food Prot* 56(2):173-180.
- Van der Wal PG, Reimert HG, Goedhart HA, Engel B, Uijttenboogaart TG 1999 The effect of feed withdrawal on broiler blood glucose and nonesterified fatty acid levels, postmortem liver pH values, and carcass yield. *Poult Sci* 78(4):569-573.
- Warriss PD, Kestin SC, Brown SN, Bevis EA 1988 Depletion of glycogen reserves in fasting broiler chickens. *Br Poult Sci* 29:149-154.
- Warriss PD, Wilkins LJ, Brown SN, Phillips AJ, Allen V 2004 Defaecation and weight of the gastrointestinal tract contents after feed and water withdrawal in broilers. *Br Poult Sci* 45(1):61-66.
- Wood DF, Richards JF 1975 Effect of some antemortem stressors on post-mortem aspects of chicken broiler pectoralis muscle. *Poult Sci* 54(2):528-553.